

УДК 624.131.5

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ СВАИ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Прокопенко Д.В.

Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины, г. Гомель

Научный руководитель: Быховец В.Е., д.т.н., профессор

Постановка задачи

Рассматривается свая сложной конфигурации в нелинейно-деформируемом грунтовом основании. На сваю действует нормальная равномерно распределенная внешняя нагрузка. Необходимо исследовать особенности деформирования грунтового основания сваи сложной конфигурации.

Для исследования нелинейной физической системы «свая сложной конфигурации – грунтовое основание» используются методы математического и компьютерного объектно-ориентированного моделирования на основе метода конечных элементов и метода энергетической линеаризации [1, 2]. Для исследования несущей способности был использован программный комплекс «Энергия-ОС».

Математическая модель системы

Ядро математической модели будем строить на основе принципа минимума полной энергии системы. Для краевых задач нелинейной механики грунтов математическая модель исследуемой физической системы будет иметь вид [1,2]:

1. Геометрическая модель деформируемой среды.

2. Механико-математическая модель элементов системы:

- при линейно – упругом деформировании: $\sigma_i = E\varepsilon_i$,
- при нелинейно – упругом деформировании: $\sigma_i = f(\varepsilon_i)$, в частности

$$\sigma_i = A\varepsilon_i^m, A > 0, 0 < m < 1,$$

где σ_i, ε_i – интенсивности напряжений и деформаций, E – модуль деформации,

A, m – параметры закона нелинейного деформирования.

3. Система краевых условий задаётся в соответствии с классификацией поставленной задачи как краевой задачи математической физики.

4. Условия равновесия системы (ядро математической модели):

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \{U\}} = 0, \quad \text{где} \quad \Pi = \frac{1}{2} \int_V \{\varepsilon\}^T \{\sigma\} dV - \{U\}^T \{P\}$$

$\Pi, \{P\}$ – полная энергия деформируемой системы и вектор внешних сил,

$\{\sigma\}, \{\varepsilon\}, \{U\}$ – векторы напряжений, деформаций и перемещений,

V – объём области существования исследуемой системы.

5. Математическая модель (форма) искомого решения: $\varphi = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 y + \alpha_3 z$.

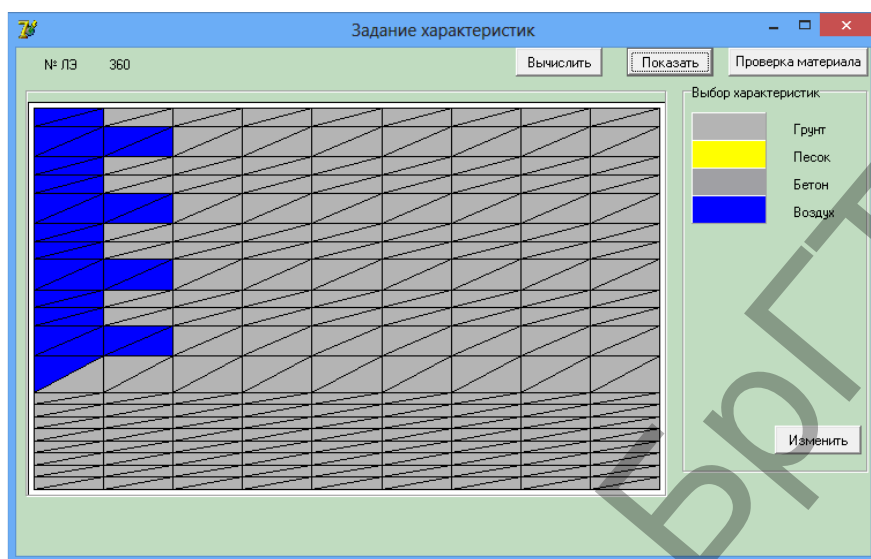
Компьютерное моделирование деформирования грунтового основания сваи сложной конфигурации

Рассматривается железобетонная свая, имеющая несколько прямоугольных уширений сечением 35 см, погруженная на 410-сантиметровое грунтовое основание, на сваю действует нормальная равномерно распределенная нагрузка $q = 20000$ кг. Приведённые начальные характеристики грунтового основания: $E = 55$ МПа, $\varphi = 35^\circ$, $\mu = 0,2$. Размеры

расчётной области определены на основании экспериментальных исследований: $1,05 \times 7,6$ м.

Задача решалась в линейной и в нелинейной постановках.

Результаты вычислений приведены в таблице 1.



**Рисунок 1 – Технология построения виртуальной физической модели системы
«свая сложной конфигурации – грунтовое основание»**

Таблица 1 – Вертикальные перемещения в узлах дискретизованной модели грунтового основания сваи без уширения

H(см) \ r(см)	Линейное решение			Нелинейное решение		
	10	20	35	10	20	35
0	0,13	0,10	0,07	0,33	0,23	0,16
50	0,13	0,09	0,07	0,32	0,22	0,16
120	0,12	0,09	0,06	0,30	0,21	0,15
190	0,11	0,08	0,06	0,29	0,2	0,15
260	0,12	0,09	0,06	0,30	0,2	0,14
340	0,11	0,08	0,06	0,28	0,18	0,12
410	0,07	0,05	0,04	0,14	0,10	0,07
480	0,03	0,02	0,02	0,05	0,04	0,03

H – расстояние от выбранных горизонтальных линий дискретизованной расчётной области виртуальной физической модели исследуемой системы, r – расстояние от поверхности сваи на расстояниях.

Из таблицы видно, что вертикальные перемещения на каждой вертикали равны до уровня нижнего уширения сваи. Такой эффект называется телескопическим сдвигом. Это известный факт для сваи с одним уширением. Мы показали, что этот эффект применим и для сваи с несколькими уширениями. Учет этого фактора позволяет решить задачу об осадке сваи рассматриваемой конфигурации аналитическим методом [1].

Список цитированных источников

1. Быховцев, В.Е. Компьютерное объектно-ориентированное моделирование нелинейных систем деформируемых твёрдых тел / В.Е. Быховцев. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2007. – 219 с.
2. Быховцев, В.Е. Методология исследования деформаций нелинейных систем твёрдых тел методом компьютерного объектно-ориентированного моделирования / В.Е. Быховцев, В. В. Бондарева, Д.В. Прокопенко // Материалы юбилейной Респ. науч. – техн. конф. ГГУ. – Гомель, 2009.